

Una Fuente de Energía Renovable: el Biogás.

Características de su Proceso Productivo: la Digestión Anaeróbica

Título: Una Fuente de Energía Renovable: el Biogás. Características de su Proceso Productivo: la Digestión Anaeróbica.

Target: Bachillerato de Ciencias y/o Tecnológico. Universitario de Carreras Científico-Técnicas. **Asignatura:** Energías Renovables y Gestión de Residuos. **Autor:** Juan José Graña Magariños, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos; Licenciado en Ciencias Ambientales; Arquitecto Técnico, Doctorando en Ingeniería del Medioambiente.

1. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, con unas demandas energéticas crecientes día a día, se hace necesario alcanzar una mayor sostenibilidad de los recursos existentes. Como consecuencia del desarrollo de las actividades cotidianas humanas se genera la denominada biomasa residual. Ésta, incluye todas aquellas materias primas que se generan en las actividades de producción, transformación y consumo, y que no han alcanzado valor económico en el contexto donde se generan. Desde un punto de vista medioambiental, en algunas ocasiones provocan graves problemas de contaminación derivados de su mala gestión, por lo que si se actúa convenientemente ésta puede ser aprovechada energéticamente con las consiguientes revalorizaciones económicas y reducir al mismo tiempo su impacto negativo en el medioambiente.

De forma esquemática existen los tipos de biomasa que se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 1.1.: Origen de la biomasa. *Fuente: elaboración propia.*

Biomasa Residual		
Residuos Urbanos	Residuos Industriales	Residuos Agrarios
Sólidos (RSU)	Agroalimentarias	Agrícolas
Lodos de depuradora (E.D.A.R.)	Forestales	Ganaderos
		Forestales

Existen diferentes tipos de biomasa que son susceptibles de ser sometidas a procesos de fermentación anaerobia (digestión anaerobia), tal es el caso de los residuos ganaderos, los residuos agroindustriales que tengan un importante contenido de humedad, los lodos de E.D.A.R.s y los RSU (cuyo proceso de degradación anaerobia se denomina "biometanización"). El Biogás que se obtiene como consecuencia de la digestión anaerobia de los RSU que se produce en un vertedero se denomina "gas de vertedero".

2. DEFINICIÓN, TIPOS Y COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS

El término Biogás se refiere a una mezcla de gases que se producen durante el proceso de descomposición de la materia orgánica (digestión anaeróbica) en la que intervienen una serie de microorganismos. El Biogás está constituido fundamentalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), mezclado en menor proporción con otros gases. Su composición, de estos y otros gases, depende de la biomasa de partida a parte de otros factores. Dependiendo del sustrato orgánico del que proceda y de las características de las

instalaciones de producción, el Biogás se puede clasificar en: Biogás de Vertedero (biodigestión natural) y Biogás de Digestores (producido en instalaciones industriales dentro de biodigestores).

Así tenemos que el “Biogás de Digestores” es el que se genera en un reactor digestor y está formado por una serie de compuestos que dependen del material de partida y del funcionamiento del proceso. Como la producción de Biogás en ocasiones no va acompañada con la utilización del mismo, es necesario su almacenamiento en unos depósitos con condiciones controladas denominados “gasómetros”. En la Tabla siguiente se muestra la composición del Biogás producido a partir de distintos tipos de biomasa:

Tabla 2.1.: Composición química del Biogás de diferentes tipos de biomasa.

Fuente: elaborada a partir de referencia [CAMPOS12].

(%)	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	H ₂	SH ₂	NH ₃	CO	N ₂	O ₂	Otros
Residuos ganaderos	50-80	30-50	Saturado	0-2	0-1	Trazas	0-1	0-1	0-1	Trazas
Residuos agrícolas	50-80	30-50	Saturado	0-2	Trazas	Trazas	0-1	0-1	0-1	Trazas
Lodos de E.D.A.R.	50-80	20-50	Saturado	0-5	0-1	Trazas	0-1	0-3	0-1	Trazas
RSU	50-70	30-50	Saturado	0-2	0-8	Trazas	0-1	0-1	0-1	Trazas

A parte de producirse Biogás en los digestores también se produce en vertederos como resultado de la degradación de los Residuos Sólidos Urbanos. Este recibe el nombre de “gas de vertedero” o “Biogás de Vertedero”. El “gas de vertedero” se genera en un vertedero y está formado principalmente por metano y por dióxido de carbono, además de otra serie de compuestos en menores proporciones. De ahí que sea necesaria su eliminación en antorcha en aquellos casos en los que no se realice un aprovechamiento energético para garantizar en todo momento la eliminación de dioxinas, ya que su emisión a la atmósfera ocasionaría graves problemas medioambientales.

En la siguiente Tabla aparece su composición típica:

Tabla 2.2.: Composición química del “gas de vertedero”.

Fuente: elaborada a partir de referencia [CAMPOS12].

	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	H ₂	SH ₂	NH ₃	CO	N ₂	O ₂	Otros
(%)	45-60	40-60	Saturado	0-0,2	0-1	0,1-1	0-0,2	0-1	0-1	Trazas

El Poder Calorífico Inferior del “gas de vertedero” se sitúa en torno a 4200 Kcal/m³ aproximadamente.

3. LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA

Durante el proceso de digestión anaerobia de la biomasa y como resultado de una serie de reacciones fisicoquímicas se obtiene Biogás. La digestión anaerobia o biometanización es un proceso biológico fermentativo que ocurre en ausencia de oxígeno, en el cual, la materia se descompone por la acción de una serie de microorganismos bacterianos. Dicha fermentación anaerobia produce dos productos principales: el Biogás y el Digestato (residuo sólido obtenido tras el proceso de fermentación).

3.1. Etapas de la digestión anaeróbica

Hay cinco grandes poblaciones que intervienen en el proceso, donde se tienen tres etapas [LOMAS01] claramente diferenciadas:

- 1) **Hidrólisis:** es aquella fase en la que la materia orgánica (constituida por proteínas, lípidos e hidratos de carbono) se polimeriza en compuestos más sencillos y fácilmente degradables por la acción de una serie de enzimas, segregadas por unas bacterias denominadas “hidrolítico-acidogénicas”.
- 2) **Acidogénesis-acetogénesis:** en este caso, a partir de los compuestos sencillos obtenidos en la etapa anterior, se producen las reacciones necesarias para que se generen ácidos orgánicos y ácido acético. Las bacterias que llevan a cabo ambos procesos son las “acidogénicas” y “acetogénicas”, respectivamente.
- 3) **Metanogénesis:** es la etapa final del proceso, y en ella, el ácido acético generado en la etapa anterior se transforma en metano y dióxido de carbono por la acción de una serie de bacterias denominadas “metanogénicas”.

De manera sencilla, se muestran las distintas etapas de la fermentación anaeróbica en el siguiente esquema:

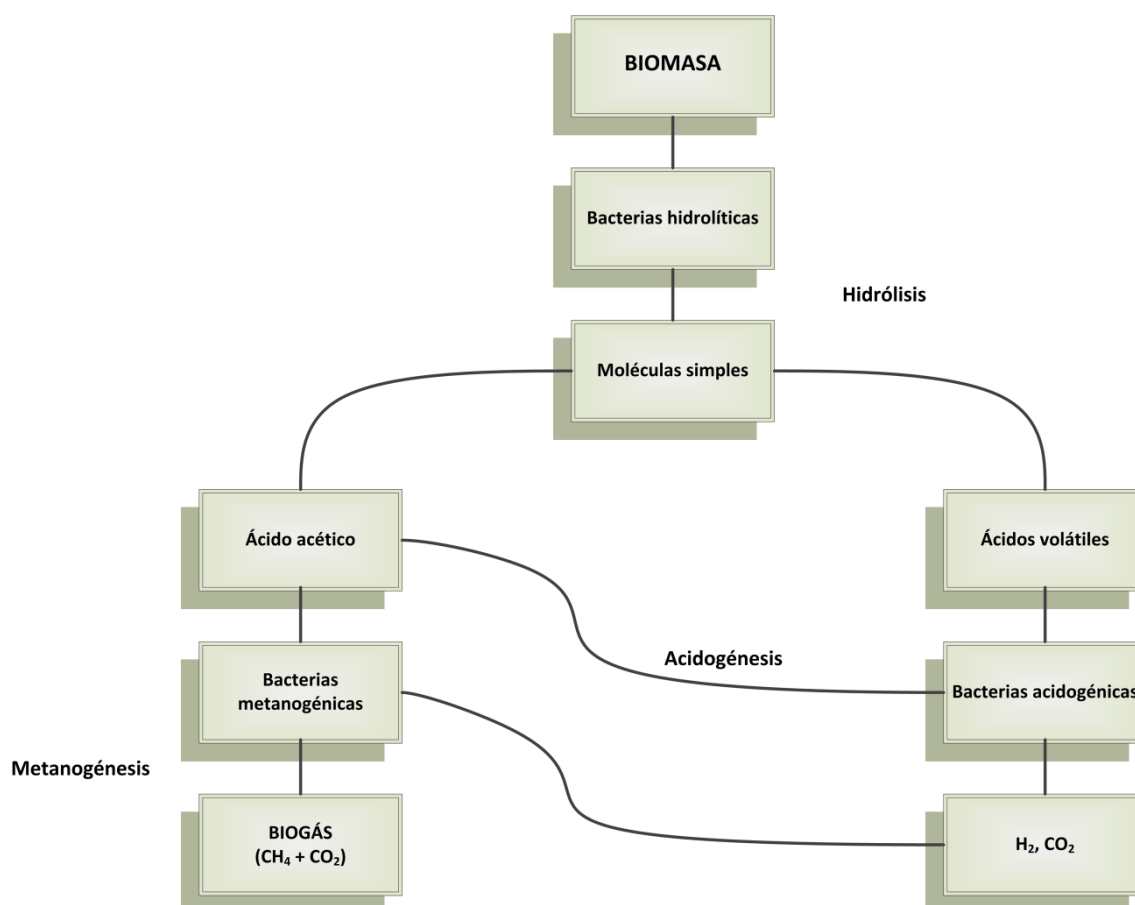


Figura 3.1.: Etapas de la digestión anaeróbica.

Fuente: elaborada a partir de referencia [LOMAS01].

3.2. Bacterias implicadas en el proceso de digestión anaeróbica

Tal y como se ha comentado con anterioridad, hay varios tipos de bacterias que intervienen en el proceso de fermentación o digestión anaeróbica. Son las siguientes [LOMAS01]:

- 1) Bacterias generadoras de ácidos: producen una mezcla de ácidos orgánicos al fermentar los hidratos de carbono y generar dióxido de carbono e hidrógeno. Se trata de bacterias de crecimiento rápido, ya que el tiempo mínimo en el que doblan la población es de 30 minutos.
- 2) Bacterias acetogénicas: son un grupo que, utilizando los ácidos orgánicos generados por el grupo de bacterias anteriores, genera ácido acético.
- 3) Bacterias metanogénicas: son los únicos microorganismos que en ausencia de oxígeno, pueden catalizar el acetato y el hidrógeno para dar compuestos gaseosos en ausencia de luz. En este grupo, se pueden distinguir dos tipos:
 - Bacterias acetoclásticas: producen metano a partir de ácido acético aunque lentamente (tardan de dos a tres días en duplicar su población).
 - Bacterias utilizadoras de hidrógeno: producen metano y a la vez eliminan el hidrógeno. Se trata de bacterias de crecimiento rápido si se comparan con las anteriores, ya que duplican su población en tan solo 6 horas.

3.3. Parámetros a considerar en la digestión anaeróbica

Los parámetros más importantes que hay que considerar por parte de la materia prima que se va a emplear en un proceso de digestión anaeróbica son:

- 1) pH: da una idea de la composición de la biomasa y debe mantenerse cercano a la neutralidad.
- 2) Potencial Redox: debe ser inferior a -350 mV [IDAE] para que se puedan desarrollar las poblaciones de bacterias metanogénicas.
- 3) Caudal: en el caso que la materia prima a fermentar sea líquida se fija en m³/día, mientras que si es sólida en t/día o t/hora.
- 4) Temperatura: la digestión anaeróbica puede llevarse a cabo en tres rangos de temperaturas diferentes:
 - Psicrófilo: por debajo de 20°C.
 - Mesófilo: entre 30 y 40°C.
 - Termófilo: entre 50 y 70°C.

El crecimiento de los microorganismos aumenta con la temperatura pero también la sensibilidad a determinados inhibidores. En el rango Termófilo se asegura la destrucción de patógenos [IDAE] y además beneficia directamente a la cantidad de Biogás generado, ya que aumenta la hidrólisis y por tanto la velocidad de crecimiento de las bacterias.

- 5) DQO: es la Demanda Química de Oxígeno, que es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar los compuestos reductores susceptibles de oxidarse por el dicromato y el permanganato en medio ácido. Mide el contenido en materia orgánica de una muestra.
- 6) DBO: es la Demanda Biológica de Oxígeno, que es la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos para asimilar la materia orgánica presente en el residuo. Se mide en DBO₅, que es la cantidad de oxígeno consumida después de 5 días a una temperatura de 20°C.
- 7) Sólidos: es importante tener en cuenta su tamaño, su dureza, su composición química, etc. Estos parámetros afectan a la degradabilidad del residuo.
- 8) Nitrógeno: tanto la forma amoniacal como la de nitrato. Forma parte de la relación “C/N”. Los microorganismos para producir la degradación de la materia prima necesitan que ésta esté equilibrada. Si es elevada, hay poco nitrógeno y por tanto no se forman las enzimas necesarias para que se lleve a cabo la fermentación anaeróbica, mientras que si es baja, la cantidad de nitrógeno es muy alta y no hay suficiente energía para todas las bacterias.
- 9) Fósforo: es un elemento esencial para los microorganismos.
- 10) Alcalinidad: mide la capacidad que tiene la materia prima de reaccionar con ácidos o para tamponar. Se debe a la existencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Se debe asegurar la capacidad tampón mediante una alcalinidad superior a 1,5 g/l CaCO₃ [IDAE].
- 11) Azufre: es importante cuando se prevea la formación de ácido sulfúrico en el gas.
- 12) Tiempo de Retención: mide el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor sometido a la acción de los microorganismos. Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento.
- 13) Tóxicos e Inhibidores: se trata de determinar aquellos compuestos que inhiben las reacciones.



Bibliografía y webgrafía

- CAMPOS POZUELO, E., ELÍAS CASTELLS, X. y FLOTATS RIPIO, X. (2012). “Procesos biológicos. La digestión anaerobia y el compostaje: Tratamiento y valorización energética de residuos”. Díaz de Santos. Madrid.
- LOMAS ESTEBAN, JOSÉ MARÍA et. al. (2001). “Valorización de la Biomasa en el País Vasco”. EVE (Ente Vasco de la Energía).
- “Biomasa. Digestores Anaerobios”. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.